

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20210319002

http://www.yykxjz.cn/

李祥艳, 田辉伍, 蒲艳, 唐锡良, 严忠鑫, 陈大庆, 刘绍平, 段辛斌. 长江上游宜宾江段鱼类早期资源现状研究. 渔业科学进展, 2022, 43(4): 93-104

LI X Y, TIAN H W, PU Y, TANG X L, YAN Z L, CHEN D Q, LIU S P, DUAN X B. Study on the status of the early-stage fish resources at Yibin Section in the upper reaches of the Yangtze River. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(4): 93-104

## 长江上游宜宾江段鱼类早期资源现状研究\*

李祥艳<sup>1,2</sup> 田辉伍<sup>2</sup> 蒲艳<sup>1,2</sup> 唐锡良<sup>3</sup> 严忠鑫<sup>3</sup>  
陈大庆<sup>2</sup> 刘绍平<sup>2</sup> 段辛斌<sup>2①</sup>

(1. 西南大学生命科学学院 重庆 400715; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所  
农业农村部长江中上游渔业资源环境科学观测实验站 湖北 武汉 430223;  
3. 中国三峡建设管理有限公司 四川 成都 610023)

**摘要** 本研究于2017—2019年每年4—7月在宜宾江段开展鱼类早期资源调查。结果显示, 宜宾江段有鱼类22种, 隶属于3目5科, 以鲤科(Cyprinidae)鱼类为主, 其中, 产漂流性卵鱼类13种, 特有鱼类6种。不同鱼类繁殖时间具有明显的年内和年间差异, 但均在6月进入繁殖盛期。2017—2019年, 鱼卵总径流量分别为 $12.10 \times 10^6$ 、 $70.42 \times 10^6$ 和 $35.77 \times 10^6$ 粒, 鱼苗总径流量分别为 $30.95 \times 10^6$ 、 $41.47 \times 10^6$ 和 $39.44 \times 10^6$ 尾, 其中, 特有鱼类3年累计总卵径流量为 $15.91 \times 10^6$ 粒。经推算, 在宜宾江段分布着多个产漂流性卵鱼类的产卵场, 规模较大的产卵场主要分布在周坝、桃子湾和华龙码头3处。吻鮰(*Rhinogobio typus*)产卵场从东岳庙至向家坝坝下均有分布, 3年累计产卵量最大达 $40.93 \times 10^6$ 粒, 且吻鮰产卵场有向下游迁移的趋势。草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)产卵场主要分布在马铭溪码头和桃子湾。CCA分析结果显示, 水位、水温和流量等环境因子对鱼卵密度有不同程度的影响, 犁头鳅(*Lepturichthys fimbriata*)和花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)在水温和流量较高时产卵; 草鱼和小眼薄鳅(*Leptobotia microphthalmia*)繁殖条件相近, 与水位、流量和流速相关性较高; 吻鮰和铜鱼(*Coreius heterokon*)产卵受溶解氧和透明度变化的影响较大。虽然受到金沙江下游梯级水电开发等多种因素的影响, 但宜宾江段作为保护区的重要组成部分, 仍是多种鱼类产卵繁殖的重要分布区, 近年来, 资源量呈上升趋势缓慢恢复。建议加强该江段早期资源研究, 开展生境保护与修复, 落实好“十年禁渔”, 以促进资源恢复。

**关键词** 长江上游; 宜宾江段; 种类组成; 鱼类资源

**中图分类号** S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)04-0093-12

\* 国家重点研发计划(2018YFD0900903)、中国三峡建设管理有限公司项目(JG/18056B; JG/18057B)、中国水产科学研究院创新团队项目(2020TD09)、农业农村部财政专项“长江渔业资源与环境调查”和生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目(2019—2023年)共同资助 [This work was supported by National Key Research and Development Program of China (2018YFD0900903), Project of Three Gorges Construction Management Co., Ltd (JG/18056B; JG/18057B), Innovation Team Project of Chinese Academy of Fishery Sciences (2020TD09), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, and the Biodiversity Investigation, Observation, and Assessment Program (2019—2023) of the Ministry of Ecology and Environment of China].

李祥艳, E-mail: lxyqin96@163.com

① 通信作者: 段辛斌, 研究员, E-mail: duan@yfi.ac.cn

收稿日期: 2021-03-19, 收修改稿日期: 2021-05-10

长江上游地貌类型多样,河床海拔落差大,生境复杂,水能资源丰富,孕育了数量众多的珍稀特有鱼类,历史记载长江上游分布鱼类达286种,其中特有鱼类124种(危起伟,2012; He *et al.*, 2010; 孟宝等, 2019)。该流域内具有众多全球和国家保护意义的重要生境和生态敏感区(李德旺等, 2013),其中,长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区(以下简称保护区)是我国最长的河流型自然保护区,宜宾江段是保护区的核心区,是长江上游许多珍稀特有鱼类的重要栖息地(危起伟, 2012)。

2012年以来,随着向家坝、溪洛渡等大型水库相继蓄水,河流连续性受阻,也阻断了鱼类洄游路径,坝上与坝下群体不能有效进行遗传交流,多样性降低。水文情势发生变化,坝下河流水位流量波动频繁,流水性鱼类栖息生境受到严重影响,不利于鱼类繁殖,资源量下降。下泄水流的含沙量明显减少,坝下河道冲刷和局部河段调整,改变了原有鱼类的繁殖和栖息场所。下泄水温升降滞后,鱼类繁殖时期延迟,种群数量减少(陈大庆等, 2005; 曹文宣, 2017),对长江上游的渔业资源带来了显著影响。高天珩(2016)在长江上游江津江段的研究表明,蓄水后江津江段鱼类卵苗总量有明显下降,圆口铜鱼(*Coreius guichenoti*)、长薄鳅(*Leptobotia elongata*)等大型鱼类在蓄水后未曾监测到。宜宾江段即位于向家坝下,监测断面距向家坝仅约32 km,受大坝建设后水文情势改变的影响更明显。鱼类早期资源的动态变化是引起种群数量变动和年龄结构变化的主要原因(Chambers *et al.*, 2012),对其的研究也是评估水利工程建设对鱼类资源影响的一个重要手段(徐田振等, 2018),并与渔业资源开发利用尺度及保护政策的制定等密切相关。然而,目前该水域鱼类早期资源的基础资料极少,为此本研究于2017—2019年在长江上游宜宾江段开展鱼类早期资源调查,通过分析种类组成、资源量变化、鱼卵密度与环境因子间的关系,推算产卵场位置和繁殖规模,以期了解宜宾江段早期资源现状,为宜宾江段渔业资源管理和保护提供数据支撑,同时为金沙江下游梯级水电站运行对长江上游鱼类的影响分析提供数据参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查时间与区域

于2017年4月23日—7月15日、2018年4月27日—7月17日和2019年5月7日—7月20日在

长江上游宜宾江段开展鱼类早期资源调查,3年累计监测241 d。该断面位于宜宾市叙州区南门大桥上行约400 m处(28°45'N, 104°37'E)(图1),上距向家坝水电站约32 km,下距金沙江与岷江交汇口约1.5 km,是保护区的重要部分。采用定点断面的方式进行采样,采样点设置在断面的主流水域的南岸和北岸,该处江岸平直,两岸水流较缓,流速范围为0.46~1.71 m/s,相应江面宽度约260 m。

### 1.2 采样方法及卵苗鉴定

样品采集按照《内陆水域渔业资源调查手册》和《河流水生生物调查指南》的方法进行(张觉民等, 1991; 陈大庆, 2014)。采集网具为圆锥网(50目,网长为2.5 m,网口面积为0.196 m<sup>2</sup>),网后接圆柱形集苗器。每天08:00和14:00开始采集,上、下午各采集6网,每网采集15 min。若出现卵苗高峰期,则适当增加采样频率。同时测量水温和溶解氧(YSI ProODO型溶氧仪测定),网口流速(采用LS45A型旋杯式流速仪记录),透明度(使用萨氏盘测定)等环境因子数据,水位和流量数据来源于中国长江三峡集团有限公司水情信息网向家坝站(<https://www.ctg.com.cn/sxjt/sqqk/index.html>)。

采集的卵苗在野外先使用奥林巴斯解剖镜SZX16进行观察,记录鱼卵发育时期,测定其卵径、膜径和胚体长,并拍照保存,采用线粒体DNA细胞色素b基因鉴定种类。仔鱼先根据色素的分布、肌节数目等形态特征进行初步种类鉴定(曹文宣等, 2007),后用95%的酒精保存带回实验室进行DNA分子鉴定,以对照校准(Liu *et al.*, 2018)。

### 1.3 数据处理与分析

产卵场位置和卵苗径流量等的计算参考易伯鲁等(1998)的计算方法。

**1.3.1 产卵场位置推算** 根据采集鱼卵的发育时期,并结合水流速度来推算鱼卵的漂流距离和产卵场的位置:

$$L=VT$$

式中, $L$ 为卵苗的漂流距离(m), $V$ 为网口流速(m/s), $T$ 为鱼卵胚胎发育时间(s)。

**1.3.2 卵苗径流量估算** 一昼夜流经调查断面的卵苗径流量( $N_m$ ),是24 h内各次定时采集的卵苗径流量之和( $\sum M$ )与前后2次采集之间非采集时间内计算出的卵苗径流量之和( $\sum M'$ )的总和,即:

$$N_m = \sum M + \sum M'$$

一次定时采集的断面卵苗径流量( $M$ ),按下式求出:

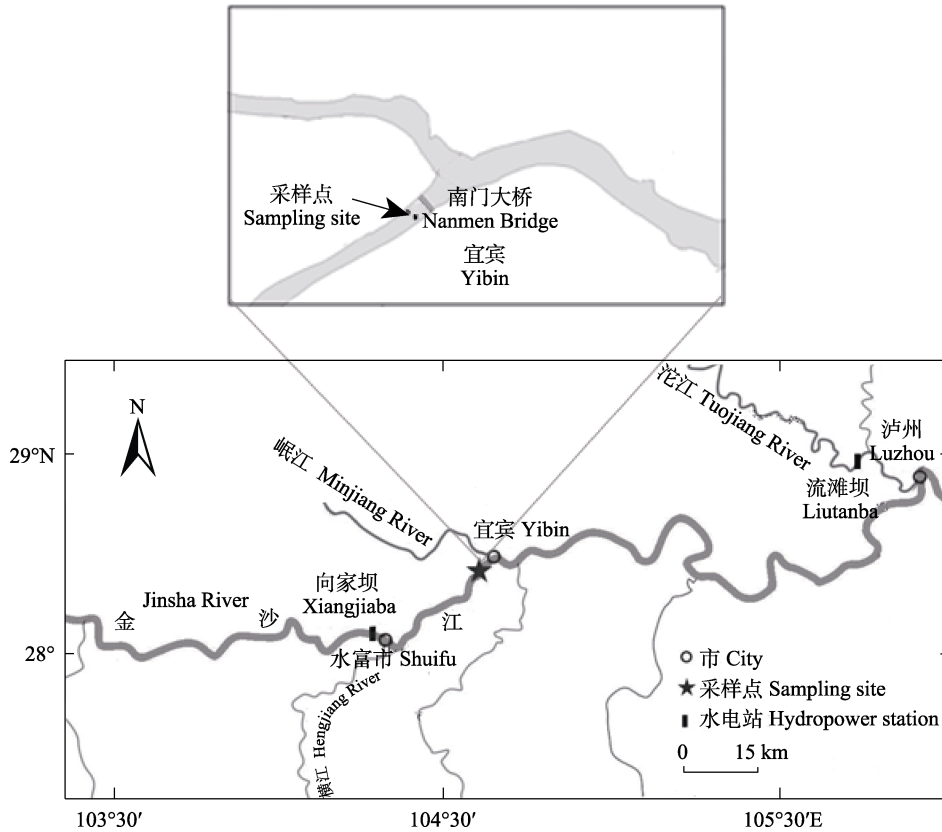


图 1 调查断面示意图  
Fig.1 Sketch map of sampling site

$$M=(Q/q) \cdot m \cdot C$$

式中,  $Q$  为调查断面的平均江水流量( $m^3/s$ ),  $q$  为流经网内的江水流量( $m^3/s$ ),  $m$  为断面固定点一次采到的卵苗数量(粒/尾),  $C$  为断面卵苗流量系数。

卵苗流量系数( $C$ )是断面各常规采集点的卵苗平均密度( $\bar{D}$ )与常规采集点的卵苗密度( $d$ )之比, 即:

$$C = \bar{D} / d$$

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n d_i / n$$

式中,  $\sum_{i=1}^n d_i$  为采集断面所设各点密度之和,  $n$  为采集断面所设采集点的数量。2 次样本采集之间的非采集时间内, 流经断面的卵苗径流量  $M'$  采用插补法来计算, 即:

$$M'=(M_1/t_1+M_2/t_2)t'/2$$

式中,  $t'$  为前后 2 次采集之间的间隔时间,  $t_1$ 、 $t_2$  为前后 2 次采集的持续时间;  $M_1$ 、 $M_2$  为前后 2 次采样的卵苗数量。

**1.3.3 统计分析** 应用方差分析(ANOVA)检验环境因子的年际变化差异, 显著性水平为  $P < 0.05$ 。为探究鱼卵密度与各环境因子间的关系, 运用束缚型排序

(constrained ordination)分析调查数据。水位、流量和水温等环境因子的逐日变化数据作为环境数据源, 不同种类的鱼卵密度( $ind./1000 m^3$ )逐日变化数据作为物种数据源, 由此构成环境因子与物种矩阵。先对物种数据进行除趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA), 表明单峰模型(lengths of gradient > 4)更适合本研究, 故采用典型对应分析(canonical correspondence analysis, CCA)。DCA 和 CCA 分析和排序图输出均采用 Canoco 5 软件, 其余数据分析与作图在 Excel 2010 与 SPSS 软件中完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 种类组成

2017—2019 年在长江上游宜宾断面累计采集到鱼卵 457 粒, 仔鱼 313 尾, 属于 3 目 5 科 22 种(表 1), 其中产漂流性卵鱼类 13 种。鉴定结果显示, 宜宾江段鱼类早期资源以鲤科(Cyprinidae)鱼为主, 共 13 种; 其次是鳅科(Cobitidae)鱼类, 4 种; 平鳍鳅科(Balitoridae)和鰕虎鱼科(Gobiidae)各 2 种; 鲮科(Bagruidae)最少, 仅 1 种。长江上游特有鱼类有 6 种,

分别是张氏鲮 (*Hemiculter tchangii*)、小眼薄鳅 (*Leptobotia microphthalmia*)、异鳔鳅 (*Xenophysogobio boulengeri*)、长鳍吻鲈 (*Rhinogobio ventralis*)、中华金沙鳅 (*Jinshaia sinensis*)、红唇薄鳅 (*Leptobotia rubrilabris*)，以小眼薄鳅数量最多，占特有鱼类总数的 58.33%。相比 2017 年，2018 年调查到的鱼类种类增多，新增了花斑副沙鳅 (*Parabotia fasciata*)、中华沙鳅 (*Botia superciliaris*) 等沙鳅亚科 (Botiinae) 鱼类以及长鳍吻鲈、异鳔鳅、小眼薄鳅、红唇薄鳅等长江上游特有鱼类。采集到鱼卵的种类有吻鲈、花斑副沙鳅、寡鳞瓢鱼 (*Pseudolaubuca engraulis*)、小眼薄鳅、犁头鳅 (*Lepturichthys fimbriata*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*) 等 18 种，其中，吻鲈数量最多，占比 54.80%，其次是花斑副沙鳅，占 11.30%，寡鳞瓢鱼 7.06%，红唇薄鳅、长鳍吻鲈、中华沙鳅等种类数量较少。

采集到的仔鱼中鱼丹亚科 (Danioninae) 的宽鳍鱮 (*Zacco platypus*) 数量最多，占仔鱼总数的 25.20%，其次是鲃亚科 (Cultrinae) 的鲮 (*Hemiculter leucisculus*)，占 22.76%。

## 2.2 主要鱼类繁殖的时间分布

对 2017—2019 年调查期间不同鱼类产卵的主要出现时间进行分析，显示不同鱼类繁殖有一定的时间差异，年间也有不同 (图 2)。

2017 年 5 月鱼卵主要采集种类为吻鲈，占当月采集卵数的 75%，其次为寡鳞瓢鱼 (*Pseudolaubuca engraulis*)，占 12.5%；6 月仍以吻鲈为主，但占比有所下降，降低至 58.33%，其次为宜昌鳅 (*Xenophysogobio filifer*)，占 16.67%；7 月仅发现铜鱼 (*Coreius heterokon*) 有繁殖活动。

2018 年相较 2017 年，鱼类种类数增多，且鱼类繁殖时间有所延长，7 月仍有 8 种鱼类繁殖，吻鲈、花斑副沙鳅和犁头鳅在整个调查期间均有繁殖活动。其中吻鲈仍为 5 月主要繁殖种类，但占比增加到 93.39%；6 月花斑副沙鳅成为主要种类，占 41.98%，其次为草鱼，占 12.35%；7 月为小眼薄鳅，占 55.88%。

2019 年调查期间各种鱼类基本集中在 6 月繁殖，仅发现吻鲈和子陵吻鳅虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*) 分别在 5 月和 7 月有繁殖活动，6 月主要繁殖种类为寡

表 1 2017—2019 年长江上游宜宾江段鱼类早期资源种类组成

Tab.1 Species composition of early fish resources in Yibin Section of the upper reaches of the Yangtze River from 2017 to 2019

目 Order	科 Family	亚科 Subfamily	种类 Species	鱼卵 Egg	仔鱼 Larva	
鲤形目 Cypriniformes	鳅科 Cobitidae	沙鳅亚科 Botiinae	花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i> ●	+	+	
			小眼薄鳅 <i>Leptobotia microphthalmia</i> ●★	+		
			红唇薄鳅 <i>Leptobotia rubrilabris</i> ●★	+		
			中华沙鳅 <i>Botia superciliaris</i> ●	+		
	鲤科 Cyprinidae	鳅鲃亚科 Gobiobotinae		宜昌鳅 <i>Xenophysogobio filifer</i> ●	+	+
				异鳔鳅 <i>Xenophysogobio boulengeri</i> ●★	+	
		鲈亚科 Gobioninae		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>		+
				铜鱼 <i>Coreius heterokon</i> ●	+	
				长鳍吻鲈 <i>Rhinogobio ventralis</i> ●★	+	
		鲃亚科 Cultrinae		吻鲈 <i>Rhinogobio typus</i> ●	+	+
				鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+
				张氏鲮 <i>Hemiculter tchangii</i> ★	+	
				寡鳞瓢鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> ●	+	
				瓢鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>		+
				草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ●	+	
雅罗鱼亚科 Leuciscinae		宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	+	+		
		马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>		+		
		中华金沙鳅 <i>Jinshaia sinensis</i> ●★	+			
		犁头鳅 <i>Lepturichthys fimbriata</i> ●	+			
平鳍鳅科 Balitoridae		短尾拟鲿 <i>Pseudobagrus brevicaudatus</i>		+		
		子陵吻鳅虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	+	+		
鲈形目 Perciformes	鳅虎鱼科 Gobiidae		波氏吻鳅虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	+	+	

注：● 代表产漂流性卵鱼类，★ 代表长江上游特有鱼类

Note: ● represents drifting fish, and ★ represents endemic fish of upper Yangtze River

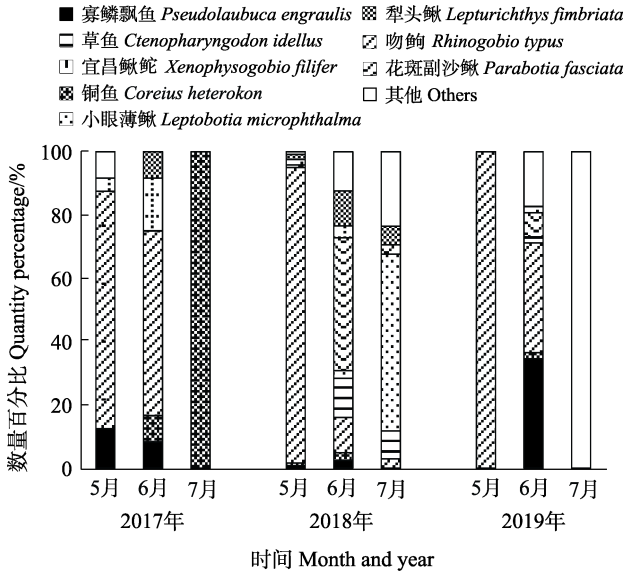


图 2 2017—2019 年长江上游宜宾江段鱼卵数量百分比  
Fig.2 Quantity percentage of fish eggs at Yibin Section of the upper Yangtze River from 2017 to 2019

鳞飘鱼和吻鲃, 各占 34.62%。整体而言, 宜宾江段鱼类繁殖盛期为 6 月, 吻鲃、花斑副沙鳅和犁头鳅繁殖期相对较长。

### 2.3 繁殖高峰

从卵苗密度的日变化来看(图 3), 鱼卵密度总体上随时间呈现先上升后下降的趋势。2017 年鱼卵平均密度为(0.52±0.10)粒/1000 m<sup>3</sup>, 在 5 月 16—24 日、5 月 29 日和 6 月 12 日达到产卵高峰, 其中, 以 6 月 12 日最高, 达到 3.91 粒/1000 m<sup>3</sup>; 仔鱼平均密度为(0.96±0.32)尾/1000 m<sup>3</sup>, 在 6 月 24 日出现峰值, 密度为 23.56 尾/1000 m<sup>3</sup>。

2018 年鱼卵平均密度为(2.49±0.45)粒/1000 m<sup>3</sup>, 在 5 月 6—11 日、5 月 13—16 日、5 月 22—24 日和 6 月 27—28 达到产卵高峰, 其中, 以 6 月 27 日最高, 达到 24.96 粒/1000 m<sup>3</sup>; 仔鱼平均密度为(1.33±0.37)尾/1000 m<sup>3</sup>, 5 月 22 日出现峰值, 密度为 25.58 尾/1000 m<sup>3</sup>。

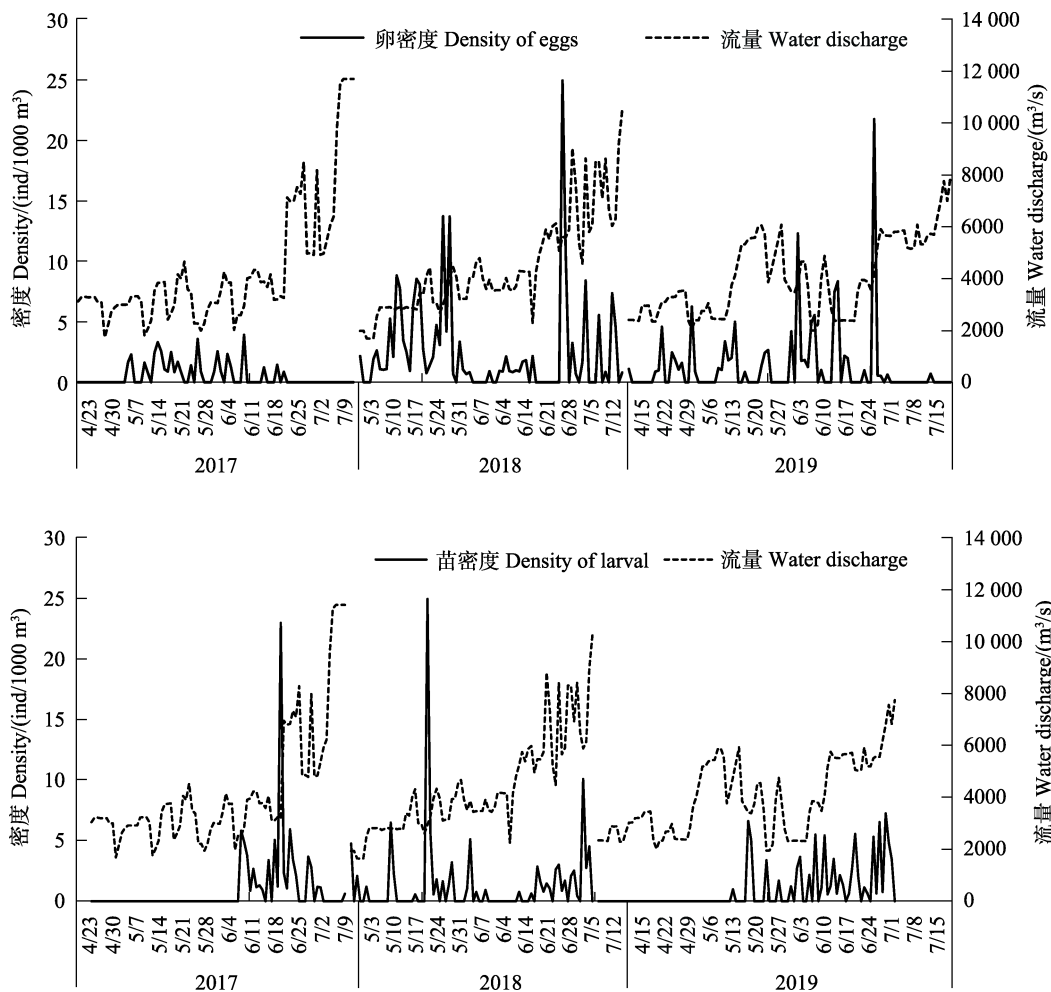


图 3 2017—2019 长江上游宜宾江段鱼卵、鱼苗密度日变化

Fig.3 Diurnal variation of fish eggs and larval density in Yibin Section of upper reaches of Yangtze River from 2017 to 2019

2019 年鱼卵平均密度为(1.24±0.30)粒/1000 m<sup>3</sup>, 在 5 月 12—15 日、6 月 3 日、6 月 14—15 日和 6 月 26 达到产卵高峰, 以 6 月 26 日最高, 达到 21.76 粒/1000 m<sup>3</sup>; 仔鱼平均密度为(0.95±0.19)尾/1000 m<sup>3</sup>, 在 7 月 17 日出现峰值, 密度为 7.42 尾/1000 m<sup>3</sup>。

年际对比发现, 2018 和 2019 年鱼卵密度显著高于 2017 年( $P<0.01$ ), 2018 年鱼苗密度高于 2017 和 2019 年。整体而言, 鱼卵密度高峰较为分散, 仔鱼密度高峰较为集中, 主要以 5 月下旬或 6 月下旬较高。

2.4 鱼类早期资源量与产卵场

2017 年 4—7 月估算通过宜宾断面的卵苗径流量为 43.10×10<sup>6</sup> 粒(尾), 其中, 鱼卵径流量 12.10×10<sup>6</sup> 粒; 2018 年 4—7 月通过宜宾断面的卵苗径流量为 111.89×10<sup>6</sup> 粒(尾), 其中, 鱼卵径流量 70.42×10<sup>6</sup> 粒; 2019 年 4—7 月通过宜宾断面的卵苗径流量为 75.20×10<sup>6</sup> 粒(尾), 其中, 鱼卵径流量 35.77×10<sup>6</sup> 粒。调查期间, 长江上游特有鱼类——中华金沙鳅、红唇薄鳅、小眼薄鳅、异鳔鳅鲇、长鳍吻鲈卵径流量分别为 2.23×10<sup>6</sup>、0.30×10<sup>6</sup>、10.72×10<sup>6</sup>、1.83×10<sup>6</sup>、0.21×10<sup>6</sup>、0.63×10<sup>6</sup> 粒, 累计流经宜宾断面径流量 15.92×10<sup>6</sup> 粒, 约占 3 年产卵总规模的 13.45%。

对产漂流性卵鱼类产卵场的位置进行推算, 表明在宜宾江段上游约 32 km 的范围内, 分布有多种鱼类的产卵场, 采集到的鱼卵发育期介于桑葚期至神经胚期间, 产卵量较大的有周坝、桃子湾和华龙码头 3 处。其中, 吻鲈产卵场在东岳庙至向家坝坝下均有分布, 产卵场主要集中在桐梓林码头至桃子湾间, 3 年累计产卵量最大, 达 40.93×10<sup>6</sup> 粒。年际对比发现,

2017—2019 年吻鲈产卵场有下移趋势, 其规模和范围在 2018 年扩大后, 2019 年开始缩小。花斑副沙鳅产卵场主要在桃子湾至华龙码头间, 产卵规模达 7.59×10<sup>6</sup> 粒。2018 年调查发现, 草鱼产卵场主要分布在马铭溪码头和桃子湾, 产卵规模为 4.39×10<sup>6</sup> 粒, 2019 年仅发现桃子湾有小规模草鱼产卵。中华金沙鳅产卵场集中在桐梓林码头—周坝; 小眼薄鳅产卵场集中在桃子湾至华龙码头间; 宜昌鳅鲇、犁头鳅和铜鱼产卵规模相对较小, 主要分布在周坝—桃子湾。

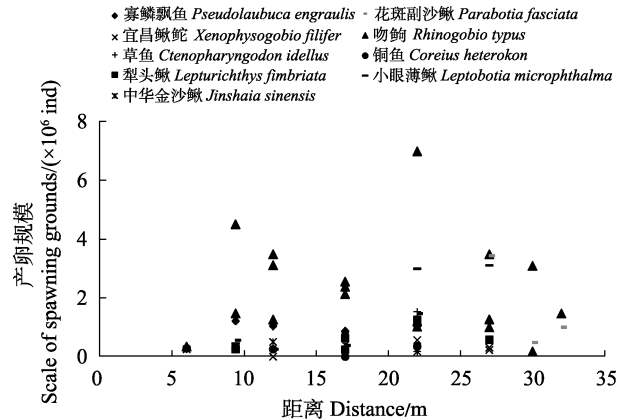


图 4 长江上游宜宾段产卵场分布  
Fig.4 Distribution of spawning grounds in Yibin Section in the upper Reaches of Yangtze River

2.5 鱼卵密度与环境因子

2017—2019 年调查期间, 宜宾江段各环境因子整体情况如表 2 所示, 流量、水位和水温变化规律表现为整体随时间呈逐渐上升趋势, 透明度与溶氧整体随时间呈逐渐下降趋势, 流速随时间不断波动, 无明显

表 2 2017—2019 年宜宾段环境因子  
Tab.2 Environmental factors in Yibin Section from 2017 to 2019

因子 Factors	2017		2018		2019	
	范围 Range	均值 Mean	范围 Range	均值 Mean	范围 Range	均值 Mean
流速 Velocity /(m/s)	0.74~1.71	1.06±0.03	0.47~1.36	0.96±0.02	0.46~1.59	0.89±0.02
流量 Water discharge /(m <sup>3</sup> /s)	1730~11 700	4394.88±277.56	1925~10 300	4069.69±215.69	1995~6340	4114.13±151.72
水位 Water level /m	266.34~275.04	269.26±0.25	266.09~275.60	269.44±0.24	266.50~271.06	268.81±0.16
水温 Water temperature /°C	16.60~22.05	19.70±0.18	17.10~22.60	20.01±0.20	16.2~22.95	19.95±0.22
透明度 Transparency /m	3~70	42.84±2.46	5~135	83.48±3.60	57.5~189.5	136.67±3.26
溶解氧 Dissolved oxygen /(mg/L)	7.37~9.32	8.59±0.05	8.03~10.04	8.84±0.07	7.67~9.73	8.57±0.06

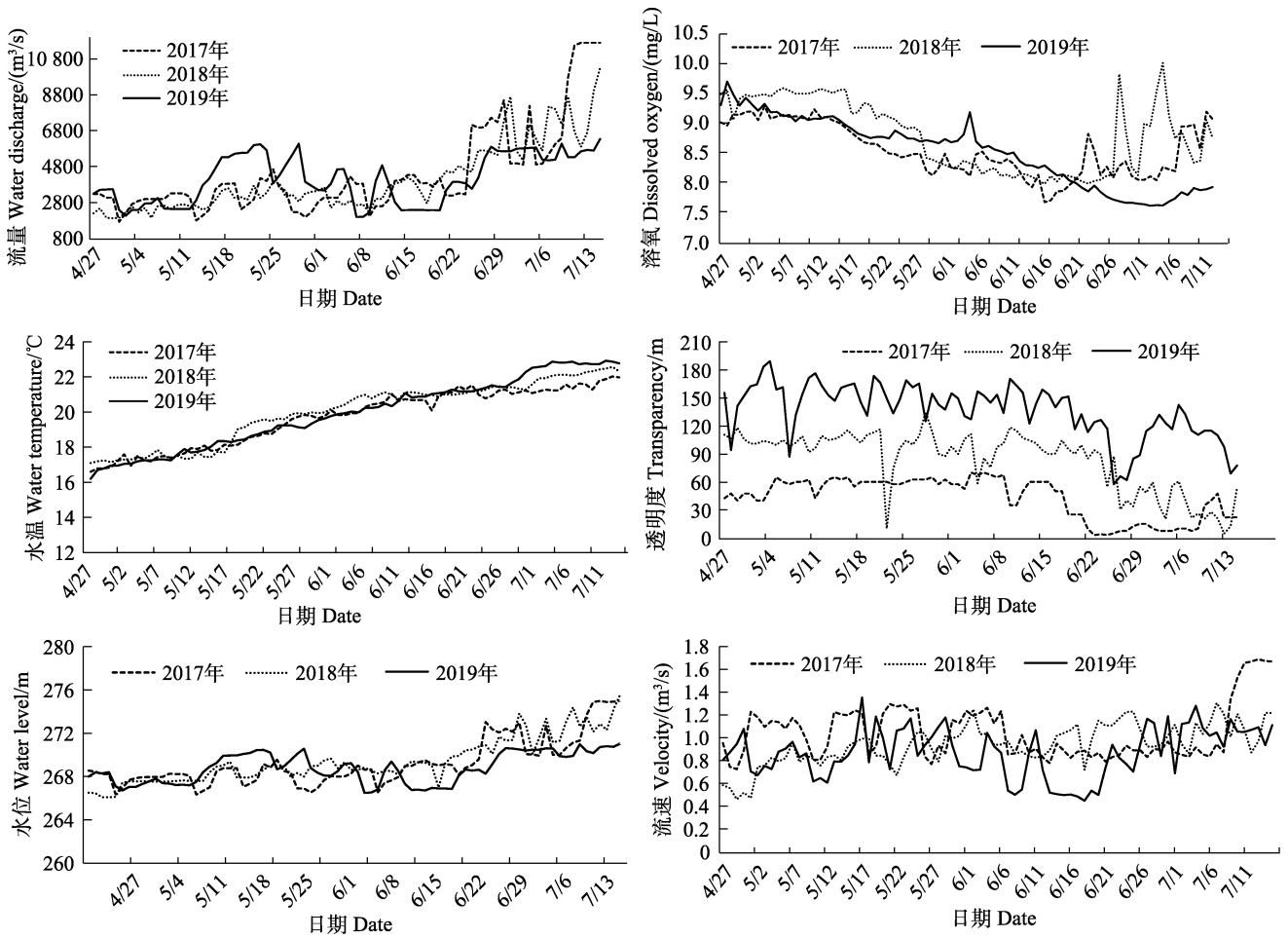


图 5 2017—2019 年长江上游宜宾江段各环境因子日变化

Fig.5 Diurnal variation of environmental factors in Yibin Section of the upper Reaches of the Yangtze River from 2017 to 2019

显规律(图 5)。比较不同年份、同时段各环境因子间的差异,结果表明,流量、水位和水温年间无显著差异,其他环境因子不同年份间差异显著( $P < 0.05$ )。

对宜宾断面产漂流性卵鱼类每日鱼卵密度与环境因子的关系进行 CCA 分析,结果表明,水位(WL)、水温(WT)、溶氧(DO)、流量(WD)、流速( $V$ )和透明度( $T$ )等对鱼卵漂流密度有不同程度的影响,其中,受水位影响较大(图 7)。流量与溶氧、透明度呈负相关,水温与水位、流量的变化呈正相关。犁头鳅和花斑副沙鳅繁殖条件相似,在水温和流量较高时产卵,宜昌鳅鲇产卵也受温度的影响;草鱼和小眼薄鳅繁殖条件相近,与水位、流量和流速相关性较高;吻鮡和铜鱼产卵受溶解氧和透明度变化的影响较大。

### 3 讨论

#### 3.1 种类组成及资源量变化

研究表明,由于水利工程建设、过度捕捞等的影响,宜宾江段鱼类种类数呈下降趋势,并逐渐以小型

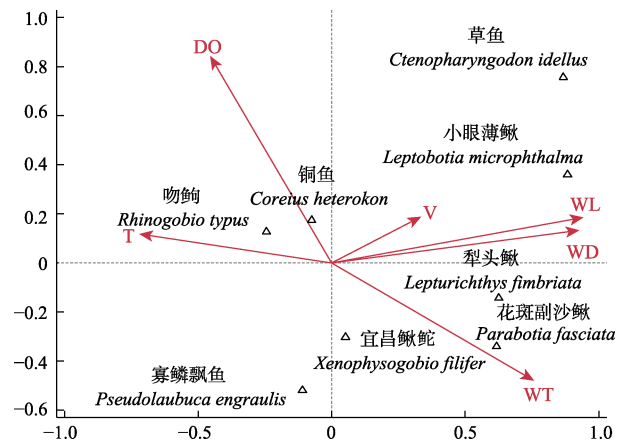


图 6 2017—2019 年长江上游宜宾江段鱼卵密度与环境因子的 CCA 排序

Fig.6 The relationship between density of eggs and environmental factors in Yibin Section of the upper Yangtze River from 2017 to 2019

WL: 水位; WT: 水温; DO: 溶解氧;

WD: 流量;  $V$ : 流速;  $T$ : 透明度

WL: Water level; WT: Water temperature; DO: Dissolved oxygen; WD: Water discharge;  $V$ : Velocity;  $T$ : Transparency

鱼类为主,产漂流性卵鱼类也有所减少(但胜国等,1999;李雷等,2013;徐薇等,2012;高天珩等,2013)本研究结果也符合这一趋势变化。而水利工程对鱼类的影响已有大量研究,水坝的修筑会影响下游鱼类繁殖(肖琼,2015),例如,向家坝截流后长江上游江津江段鱼类早期资源量明显下降(高天珩,2016)。研究表明,有22种鱼类能在宜宾江段产卵繁殖,多于上游金沙江巧家和攀枝花江段,但少于江津江段及长江上游支流赤水河和岷江,也少于长江中游(表3),其次,产漂流性卵鱼类数远少于长江上游历史记载的29种,对比显示,长江上游随河段往下,鱼类早期资源种类数逐渐增多,其原因除了上述因素外,与各江段自身水体环境也有一定关系。

历史记载的圆口铜鱼和长薄鳅卵苗本次调查未出现,但同期宜宾上游巧家与攀枝花江段调查发现过(周湖海等,2019;王导群等,2019),这可能是由于金沙江下游水利工程的修建阻隔了金沙江与长江上游之间的洄游通道,同时该江段水文条件不能满足其繁殖需求,这与江津断面2011—2015年监测结果一致(高天珩,2016)。其次,宜宾江段产漂流性卵鱼类较相邻的长江支流岷江、长江干流江津段少,较长江支流赤水江段、金沙江巧家与攀枝花江段多(表3),说明产漂流性卵鱼类更喜较大的流水环境,这与吕浩等(2019)的结论一致。此次调查发现,四大家鱼中的草鱼在坝下有繁殖活动,表明坝下水文条件在一定程度上可以满足草鱼的繁殖需求。本次调查的卵苗组成以吻鮠、中华沙鳅等广布型种和花斑副沙鳅、寡鳞瓢鱼、宜昌鳅鲃等小型鱼类居多,表明宜宾江段当前生境条件能够满足这些种类的栖息生存和产卵繁殖活动,成为该江段鱼类早期资源的重要补充种类,这与其他水利工程建成之后情况类似(雷欢等,2018)。

根据2017—2019年早期资源量估算数据,结合有关研究数据[长江上游珍稀特有鱼类及保护区生态

补偿项目-水生生态环境监测(2006—2021年度)报告,未正式发表],10年来宜宾鱼类早期资源发生了较大变化(图8)。金沙江I期工程蓄水前后,鱼类卵苗总量有明显下降,蓄水后(2013年)比蓄水前(2010年)的鱼类早期资源量下降了80.61%,大坝蓄水造成下游水文环境急剧突变,导致坝下一些鱼类无法适应新的生境,原有产卵场失去功能,自然繁殖受到了影响。同时,蓄水阻断了金沙江与长江上游干流江段的鱼类洄游通道,使长江上游江段渔业资源失去了金沙江鱼类早期资源的补充,这与三峡大坝蓄水后鱼类卵苗数量显著下降的情况相似(刘明典等,2018)。随后直至2017年,卵苗总量逐渐回升,表明向家坝等水电站蓄水后鱼类逐步完成了对环境的适应,该江段能够满足部分鱼类产卵繁殖的生态需求,可能与该江段仍保留的部分流水生境有关,同时也与近年来长江上游开展的多项鱼类资源保护措施有关。

### 3.2 产卵场分布

产卵场是鱼类重要的栖息地,产卵场位置的确定是鱼类繁殖群体和卵苗时空分布研究的重要内容,对鱼类资源的补充、可持续利用及保护也有着重要作用(高天珩,2016)。2009—2015年江津断面早期资源监测结果显示,宜宾至重庆江段分布着多种鱼类的产卵场,且产卵规模巨大(段辛斌等,2015;田辉伍等,2017)。历史记录显示,宜宾境内共有鱼类产卵场36处,珍稀特有鱼类的种类达数10种,但近期产卵场功能评价表明,一般和良好(8.33%)等级共占总数的33.33%,大部分产卵场功能退化,甚至消失(孟宝等,2019)。本次调查结果显示,宜宾断面上游存在多种产漂流性卵鱼类产卵场,产卵量较大的产卵场有周坝、桃子湾和华龙码头3处,较历史产卵场数量和规模均有减小。

1984—1986年吴国犀等(1988)在宜宾和屏山进

表3 近年长江干支流部分鱼类早期资源调查对比

Tab.3 Comparison of early fish resources in the main and tributaries of the Yangtze River in recent surveys

地点 Site	总种类 Total species	产漂流性卵鱼类 Drifting fish	长江上游特有鱼类 Endemic fish of upper Yangtze River	调查时间 Survey time	数据来源 Data source
赤水河 Chishui River	27	9	5	2015—2016	刘飞等(2019)
岷江 Minjiang River	28	18	8	2016—2017	吕浩等(2019)
巧家 Qiaojia Section	14	12	7	2016—2018	周湖海等(2019)
攀枝花 Panzhihua Section	7	7	5	2016—2018	王导群等(2019)
江津 Jiangjin Section	38	29	12	2011—2015	高天珩(2016)
宜昌 Yichang Section	27	22	—	2014—2015	刘明典等(2018)
宜宾 Yibin Section	22	13	6	本次	This study



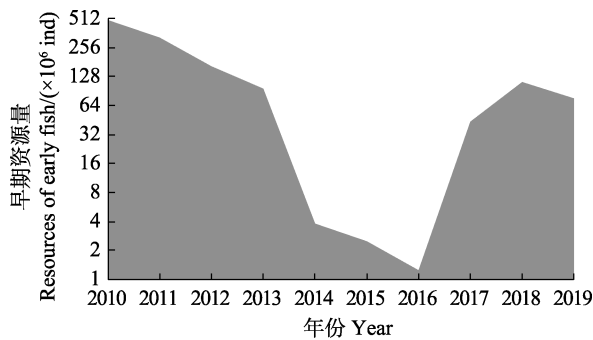


图7 宜宾段早期资源规模对比

Fig.7 Comparison of propagation scale of early resources in Yibin Section

行的早期资源调查表明,草鱼产卵场分布在金沙江下游美结河口附近至宜宾县柏溪镇的 200 多 km 江段,其中,规模较大的产卵场为新市镇、绥江、屏山和安边 4 处。本次调查发现,草鱼产卵场主要分布在马铭溪码头和桃子湾,与历史数据对比发现,向家坝坝下草鱼产卵场位置有所下移;吻鲟在宜宾以上江段产卵场分布范围较广,从东岳庙至向家坝坝下均有分布,2017—2019 年调查显示,吻鲟产卵场有下移趋势,上述产卵场位置的改变可能是由于向家坝坝下水文环境的变化使原产卵场生境发生改变,致使鱼类向下迁移产卵场。

### 3.3 繁殖特性

2017—2019 年调查期间,共出现 11 次产卵高峰,大多出现在洪峰期间或洪峰后 1~2 d,整体表明洪峰与鱼类繁殖有密切关系。鱼类早期资源的时间动态是其繁殖时间的直接反映,对渔业资源的管理和保护具有重要意义(Doyle *et al.*, 1992; King *et al.*, 1995; Pavlov *et al.*, 1994)。调查期间,宜宾江段 4 月底便有鱼类开始繁殖,6 月进入鱼类繁殖盛期,江水平均水温为 20.64℃,多种鱼类加入繁殖,吻鲟、花斑副沙鲈和犁头鳅繁殖期相对较长,这对该江段渔业资源保护与管理有一定指导意义。

金沙江梯级水电站相继蓄水后,坝下水文环境发生改变,宜宾距离大坝较近,流量和透明度所受影响较大,鱼类产卵活动通常伴随水位或流量的上涨而发生,小眼薄鳅和草鱼与水位和流量存在一定相关性,流量上涨会刺激其产卵。CCA 分析结果显示,铜鱼产卵受透明度影响较大,这与姜伟(2009)的结论一致,其原因是透明度能间接反映江水流量的变化,流量上涨,透明度下降,提高了铜鱼产卵的可能性,同时能更好躲避敌害。一般认为,水温是鱼类繁殖的限制条件,例如,草鱼需要水温达到 18℃ 以上时才开始产

卵(申玉春, 2008)。本次调查,宜昌鳅鲈、犁头鳅、花斑副沙鲈等产卵与水温变化有一定关系,其他鱼类繁殖与水温相关性不显著,因每年 5 月 15 日后,宜宾江段水温已达到 18℃ 以上,能满足多数鱼类繁殖需求。

## 4 结论与展望

溪洛渡、向家坝等水电站蓄水后,生境阻隔和水文情势等发生改变,长江上游宜宾江段鱼类早期资源种类数有所减少,产卵量也大幅降低;但随着鱼类逐步适应了环境,宜宾江段保留的流水生境能够满足部分鱼类栖息和产卵繁殖所需的水文条件,其中以小型鱼类和广布种鱼类为主,并保留了部分原有产卵场或迁移形成新的产卵场,使得该江段有一定规模的繁殖群体,再加上诸如生态调度等多项鱼类资源保护措施的开展,近几年鱼类资源量呈上升趋势缓慢恢复。关于鱼类繁殖时期,吻鲟在该江段 4 月底至整个 5 月都占据绝对优势,大多数鱼类在 5 月下旬乃至 6 月初才陆续开始产卵而开始进入繁殖盛期,这对该江段保护和相关研究有一定指导意义。水位、流量和水位等环境因子对不同鱼类产卵的影响程度不同,水位流量的上涨、水温的升高和洪峰的产生通常能刺激鱼类产卵,但环境因子的变化具体如何影响鱼类的繁殖还需要开展持续的研究进一步探讨。

**致谢:**感谢长江水产研究所研究生吕浩、王导群、张浩,调查辅助人员田超,宜宾市水产渔政局陈永胜等在野外调查和数据整理等方面给予的支持与帮助。

## 参 考 文 献

- CAO W X, CHANG J B, QIAO Y, *et al.* Fish resources of early life history stages in Yangtze River. Beijing: China Water and Power Press, 2007, 41–252 [曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源. 北京: 中国水利水电出版社, 2007, 41–252]
- CAO W X. Water ecological protection in the cascade development of hydropower in the upper reaches of the Yangtze River. *Technology and Economy of Changjiang*, 2017, 1(1): 25–30 [曹文宣. 长江上游水电梯级开发的水域生态保护问题. *长江技术经济*, 2017, 1(1): 25–30]
- CHAMBERS R C, TRIPPEL E. Early life history and recruitment in fish populations. Amsterdam: Springer Science and Business Media, 2012, 173–196
- CHEN D Q, CHANG J B, GU H B. Impacts of Jinsha River first stage project on ecology and environment of nature reserve and its countermeasures. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2005(2): 21–24 [陈大庆, 常剑波, 顾洪

- 宾. 金沙江一期工程对保护区生态环境的影响与对策. 长江科学院院报, 2005(2): 21–24]
- CHEN D Q. Guidelines for river aquatic biology survey. Beijing: Science Press, 2014, 214–236 [陈大庆. 河流水生生物调查指南. 北京: 科学出版社, 2014, 214–236]
- DAN S G, ZHANG G H, MIAO Z G, *et al.* A survey on the commercial net fishery in the upper reaches of the Yangtze River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23(6): 655–661 [但胜国, 张国华, 苗志国, 等. 长江上游三层流刺网渔业现状的调查. 水生生物学报, 1999, 23(6): 655–661]
- DOYLE M J, MORSE W W, KENDALL J A W. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast Pacific and northwest Atlantic oceans. *Bulletin of Marine science*, 1992, 53(2): 588–644
- DUAN X B, TIAN H W, GAO T H, *et al.* Resources status of ichthyoplankton in the upper Yangtze River before the storage of Jinsha River first stage project. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(8): 1358–1365 [段辛斌, 田辉伍, 高天珩, 等. 金沙江一期工程蓄水前长江上游产漂流性卵鱼类产卵场现状. 长江流域资源与环境, 2015, 24(8): 1358–1365]
- GAO T H, TIAN H W, YE C, *et al.* Diversity and composition of fish in the mainstream of national nature reserve of rare and endemic fish in the upper Yangtze River. *Freshwater Fisheries*, 2013, 43(2): 36–42 [高天珩, 田辉伍, 叶超, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流段鱼类组成及其多样性. 淡水渔业, 2013, 43(2): 36–42]
- GAO T H. Studies on Gobioninae fish resources and habitat selections in the upper Yangtze River. Doctoral Dissertation of Southwest University, 2016, 1–57 [高天珩. 长江上游鮡亚科鱼类资源及生境选择策略研究. 西南大学博士研究生学位论文, 2016, 1–57]
- HE Y, WANG J, LEK A S, *et al.* Predicting assemblages and species richness of endemic fish in the upper Yangtze River. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(19): 4211–4220
- JIANG W. Studies on Fish early resources in the main stream of state-level natural protection area for rare and endemic fishes in the upper Yangtze River. Doctoral Dissertation of Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2009 [姜伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流江段鱼类早期资源研究. 中国科学院水生生物研究所博士研究生学位论文, 2009]
- KING M. Fisheries biology, assessment and management. Oxford: Fishing News Books, 1995, 247–248
- LEI H, XIE W X, HUANG D M, *et al.* The early evolution of the fish with pelagic eggs resources in the upstream of Danjiangkou Reservoir after the cascade development. *Journal of Lake Sciences*, 2018, 30(5): 1319–1331 [雷欢, 谢文星, 黄道明, 等. 丹江口水库上游梯级开发后产漂流性卵鱼类早期资源及其演变. 湖泊科学, 2018, 30(5): 1319–1331]
- LI D W, LI H Q, LEI X Q, *et al.* Ecological sensitivity in the upper Changjiang River with GIS technology and hierarchy analysis method. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, 22(5): 633–639 [李德旺, 李红清, 雷晓琴, 等. 基于 GIS 技术及层次分析法的长江上游生态敏感性研究. 长江流域资源与环境, 2013, 22(5): 633–639]
- LI L, WEI Q W, WU J M, *et al.* Current status of fish assemblages in Yibin reaches of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, 22(11): 1449–1457 [李雷, 危起伟, 吴金明, 等. 长江宜宾江段渔业资源现状调查. 长江流域资源与环境, 2013, 22(11): 1449–1457]
- LIU F, ZHANG F B, WANG X, *et al.* Relationships between reproduction activities of fishes with drifting eggs and environmental factors in the Chishui River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, 43(S1): 77–83 [刘飞, 张富斌, 王雪, 等. 赤水河产漂流性卵鱼类的繁殖活动及其与环境因子之间的关系. 水生生物学报, 2019, 43(S1): 77–83]
- LIU M D, GAO L, TIAN H W, *et al.* Status of fishes at the early life history stage in the Yichang Section in the middle reaches of the Yangtze River. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, 25(1): 147–158 [刘明典, 高雷, 田辉伍, 等. 长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状. 中国水产科学, 2018, 25(1): 147–158]
- LIU M D, WANG D Q, GAO L, *et al.* Species diversity of drifting fish eggs in the Yangtze River using molecular identification. *PeerJ*, 2018, 6: e5807
- LÜ H, TIAN H W, SHEN S W, *et al.* The larval resources of fishes spawning drifting eggs in the lower reaches of the Minjiang River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(3): 586–593 [吕浩, 田辉伍, 申绍祚, 等. 岷江下游产漂流性卵鱼类早期资源现状. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 586–593]
- MENG B, ZHANG J F, YE H, *et al.* Current situation and protection enlightenment of the function of fishing spawning grounds in the national nature reserve for the rare and endemic fishes, upper reaches of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(11): 2772–2785 [孟宝, 张继飞, 叶华, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区鱼类产卵场功能现状分析及保护启示. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2772–2785]
- PAVLOV D S. The downstream migration of young fishes in rivers: Mechanisms and distribution. *Folia Zoologica*, 1994, 43(3): 193–208
- SHEN Y C. Culture and enhancement of fish. Beijing: Agriculture Press of China, 2008 [申玉春. 鱼类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 2008]
- TIAN H W, WANG H, GAO T H, *et al.* Early resources of *Gobiobotia flifler* and its relationship with environmental factors in the upper Yangtze River. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(2): 71–78 [田辉伍, 王涵, 高天珩, 等. 长江上游

- 宜昌鳅鲇早期资源特征及影响因子分析. 淡水渔业, 2017, 47(2): 71-78]
- WANG D Q, TIAN H W, TANG X L, *et al.* Early fish resources of drifting egg fish in Panzhihua Section of Jinsha River. *Freshwater Fisheries*, 2019, 49(6): 41-47 [王导群, 田辉伍, 唐锡良, 等. 金沙江攀枝花江段产漂流性卵鱼类早期资源现状. 淡水渔业, 2019, 49(6): 41-47]
- WEI Q W. Scientific investigation report on the national nature reserve for the rare and endemic fish in the upper reaches of the Yangtze River. Beijing: Science Press, 2012, 3-251 [危起伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区科学考察报告. 北京: 科学出版社, 2012, 3-251]
- WU G X, LIU L H, WANG Z L, *et al.* Studies on natural reproduction of *Ctenopharyngodon idellus* in the Jinsha Section of the upper Yangtze River. *Freshwater Fisheries*, 1988(1): 3-6 [吴国犀, 刘乐和, 王志玲, 等. 长江上游金沙江江段草鱼自然繁殖的研究. 淡水渔业, 1988(1): 3-6]
- XIAO Q. The effect of water conservancy project in the downstream of Jinsha River of the change of Cobitidae. Master's Thesis of Hunan Agricultural University, 2015, 13-16 [肖琼. 金沙江下游水利工程对鳅科鱼类的变动影响. 湖南农业大学硕士研究生学位论文, 2015, 13-16]
- XU T Z, LI X H, LI Y F, *et al.* Status of early resources in Yujiang Jinling River Section. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(2): 19-25 [徐田振, 李新辉, 李跃飞, 等. 郁江中游金陵江段鱼类早期资源现状. 南方水产科学, 2018, 14(2): 19-25]
- XU W, QIAO Y, GONG Y T. Changes of fish resources in upper Yangtze River and its protection. *Yangtze River*, 2012, 43(1): 67-71 [徐薇, 乔晔, 龚昱田. 长江上游鱼类资源变迁及其保护评析. 人民长江, 2012, 43(1): 67-71]
- YI B L, YU Z T, LIANG Z S, *et al.* The distribution, natural conditions and breeding production of the spawning grounds of four famous freshwater fishes on the main stream on the Yangtze River. In: YI B L, YU Z T, LIANG Z S, *et al.* Gezhouba water control project and our famous fishes in Yangtze River. Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 1988, 1-46 [易伯鲁, 余志堂, 梁秩桑, 等. 长江干流草、青、鲢、鳙四大家鱼产卵场的分布、规模和自然条件. 见: 易伯鲁, 余志堂, 梁秩桑, 等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1988, 1-46]
- ZHANG J M, HE Z H. Handbook of fisheries natural resources investigation in inland waters. Beijing: Agriculture Press of China, 1991, 1-461 [张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册. 北京: 中国农业出版社, 1991, 1-461]
- ZHOU H H, TIAN H W, HE C. Surveys for resources of drifting eggs fish at early life history stages in the Qiaojia Section in the lower reaches of the Jinsha River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(12): 2910-2920 [周湖海, 田辉伍, 何春, 等. 金沙江下游巧家江段产漂流性卵鱼类早期资源研究. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2910-2920]

(编辑 冯小花)

## Study on the Status of the Early-Stage Fish Resources at Yibin Section in the Upper Reaches of the Yangtze River

LI Xiangyan<sup>1,2</sup>, TIAN Huiwu<sup>2</sup>, PU Yan<sup>1,2</sup>, TANG Xiliang<sup>3</sup>, YAN Zhongluan<sup>3</sup>, CHEN Daqing<sup>2</sup>,  
LIU Shaoping<sup>2</sup>, DUAN Xinbin<sup>2①</sup>

(1. College of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Fishery Resources and Environmental Science Experimental Station of the Upper-Middle Reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Wuhan, Hubei 430223, China;  
3. Three Gorges Construction Management Co., Ltd, Chengdu, Sichuan 610023, China)

**Abstract** To understand the status of early-stage fish resources in the Yibin Section in the upper reaches of the Yangtze River and guide the protection of fish resources in this section, surveys were carried out from April to July in the years of 2017~2019. The results showed that there were 22 species of eggs and larvae in five families and three orders, and the largest proportion was in the Cyprinidae. Among these, 13 species produced drifting eggs, and six species were endemic to the upper reaches of the Yangtze River. The breeding time of different fish had obvious annual differences, but the peak of fish breeding occurred in June. From 2017 to 2019, the number of drifting eggs was estimated to be  $12.10 \times 10^6$ ,  $70.42 \times 10^6$ , and  $35.77 \times 10^6$  for each year, respectively. The number of larvae was estimated to be  $30.95 \times 10^6$ ,  $41.47 \times 10^6$ , and  $39.44 \times 10^6$ , respectively. The number of eggs of endemic fish in the upper reaches of the Yangtze River was estimated at  $15.91 \times 10^6$  over three years. According to the calculation, there were many spawning sites of fish drifting upstream of the Yibin Section, and the larger spawning sites were mainly located in the reaches of Zhouba, Peachwan, and Hualong Wharf. The spawning sites of *Rhinogobio typus* were distributed from Dongyuemiao to Xiangjiaba, with the largest cumulative spawning amount in three years, up to  $40.93 \times 10^6$ . The spawning grounds of *R. typus* tended to migrate downstream. The spawning grounds of *Ctenopharyngodon idellus* are mainly distributed in the Mamingxi Wharf and Peachwan areas. The results of the canonical correlation analysis showed that environmental factors such as water level, water temperature, and water discharge had different effects on the density of drifting fish eggs. *Lepturichthys fimbriata* and *Parabotia fasciata* lay eggs when the water temperature and water discharge are high. The reproductive conditions of *C. idellus* and *Leptobotia microphthalmia* were similar to each other, and they were highly correlated with the water level, water discharge, and velocity. The spawning of *R. typus* and *Coreius heterokon* was significantly affected by changes in dissolved oxygen and transparency. Although affected by many factors, such as the development of cascade hydropower in the Jinsha River, the Yibin Section, as an important part of the mainstream national nature reserve of rare and endemic fish in the upper Yangtze River, is still a crucial distribution area for the spawning and breeding of many fish species, and the fish populations have slowly recovered in recent years. Therefore, we should strengthen the early resource research in this section, carry out habitat conservation and remediation, and implement a “10-year Fishing Ban” to promote resource recovery.

**Key words** Upper Yangtze River; Yibin Section; Species composition; Fish resource

① Corresponding author: DUAN Xinbin, E-mail: duan@yfi.ac.cn